



DEUTSCHES
PATENTAMT

21 Aktenzeichen: P 37 07 874.7
22 Anmeldetag: 11. 3. 87
43 Offenlegungstag: 17. 9. 87

Behördeneigentum

DE 3707874 A1

30 Unionspriorität: 32 33 31
11.03.86 JP P 61-54405 03.09.86 JP P 61-205805

71 Anmelder:
Nissan Motor Co., Ltd., Yokohama, Kanagawa, JP

74 Vertreter:
Grünecker, A., Dipl.-Ing.; Kinkeldey, H., Dipl.-Ing.
Dr.-Ing.; Stockmair, W., Dipl.-Ing. Dr.-Ing. Ae.E. Cal
Tech; Schumann, K., Dipl.-Phys. Dr.rer.nat.; Jakob,
P., Dipl.-Ing.; Bezold, G., Dipl.-Chem. Dr.rer.nat.;
Meister, W., Dipl.-Ing.; Hilgers, H., Dipl.-Ing.;
Meyer-Plath, H., Dipl.-Ing. Dr.-Ing.; Kinkeldey, U.,
Dipl.-Biol. Dr.rer.nat.; Bott-Bodenhausen, M.,
Dipl.-Phys. Dr.rer.nat.; Ehnold, A., Dipl.-Ing.;
Schoppe, F., Dipl.-Ing.Univ.; Schuster, T.,
Dipl.-Phys., Pat.-Anw., 8000 München

72 Erfinder:
Yukawa, Fumio; Touda, Masayuki; Kimura, Shinji;
Munakata, Fumio; Ichikawa, Satoru, Yokosuka, JP

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

54 Luft/Kraftstoffverhältnis-Sensor mit einer Sauerstoffsensozelle und einer Sauerstoffpumpzelle

Ein Luft/Kraftstoffverhältnis-Sensor hat eine Sauerstoffsensozelle mit einem primären Meßelement, das in direktem Kontakt mit einem Gas, beispielsweise Abgas einer Brennkraftmaschine ist, und eine Sauerstoffpumpzelle, die von inneren und äußeren Elektroden und einem Deckel aus einem sauerstoffionenleitenden festen Elektrolyt gebildet wird, der das primäre Meßelement innerhalb eines Gasdiffusionssteuerraumes umgibt und ein kleines Gasdiffusionsloch hat. Das primäre Meßelement ist mit einer zentralen Öffnung versehen, deren Zentrum genau unterhalb dem Gasdiffusionsloch liegt, um die Belastung zu vermindern, der die Sauerstoffpumpzelle ausgesetzt ist und ein Überspringen in der Sensoransprechcharakteristik zu vermeiden. Die Sauerstoffsensozelle kann aus einem primären Meßelement aus einem Übergangsmetalloxid bestehen, das mit zwei Elektroden zur Messung eines elektrischen Widerstandes des Primärelementes versehen ist, oder kann aus einem sauerstoffionenleitenden festen Elektrolytsubstrat bestehen, das sandwichartig zwischen einer Bezugselektrode und dem primären Meßelement eingeschlossen ist, das als eine Meßelektrode dient.

DE 3707874 A1

1. Luft/Kraftstoffverhältnis-Sensor, enthaltend:
eine Sensoreinrichtung aus einem Substrat (3, 22)
und einem primären Meßelement (6, 24), das auf
einer ersten Seite des Substrats (3, 22) angeordnet
ist, und
eine Steuereinrichtung, enthaltend einen ersten
Deckel (8, 31), der auf dem Substrat (3, 22) angeordnet
ist, um das Primärelement (6, 24) innerhalb eines
Steuerraumes (9, 32) einzuschließen, der zwischen
dem Substrat (3, 22) und dem ersten Deckel (8, 31)
ausgebildet ist, wobei der erste Deckel (8, 31) mit
einem Loch (11, 33) versehen ist, das den Zutritt und
Austritt von Gas in und aus dem Steuerraum (9, 32)
gestattet, wobei wenigstens ein Teil des ersten Deckels
(8, 31) aus einem sauerstoffionenleitenden festen
Elektrolyten besteht, die Steuereinrichtung
weiterhin innere (12, 34) und äußere (13, 35) Elektroden
enthält, die eine Sauerstoffpumpzelle zusammen
mit dem sauerstoffionenleitenden festen Elektrolyten
bilden, die innere Elektrode (12, 34) an der Innenseite
des ersten Deckels (8, 31) in dem Steuerraum (9, 32)
angeordnet ist und die äußere Elektrode (13, 35) an der
Außenseite des ersten Deckels (8, 31) außerhalb des
Steuerraumes (9, 32) befestigt ist, wobei das Primärelement
(6, 24) der Sensoreinrichtung außerhalb einer Projektion
(11a, 33a) des Loches (11, 33) angeordnet ist, die durch
Projektion des Loches auf die erste Seite des Substrats
(3, 22) längs einer Linie erzeugt wird, längs der sich
das Loch (11, 33) erstreckt.
2. Sensor nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet,
daß das Primärelement (6, 24) so gestaltet und
angeordnet ist, daß es nicht innerhalb eines Kreises
liegt, der in der ersten Seite des Substrats liegt und
dessen Zentrum genau unter dem Loch (11, 33) liegt,
wobei der Kreis eine Fläche hat, die größer als die
Querschnittsfläche des Loches (11, 33) ist.
3. Sensor nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet,
daß die erste Seite des Substrats (3, 22) im wesentlichen
flach ist und daß sich das Loch (11, 33) durch den ersten
Deckel (8, 31) längs einer Linie erstreckt, die im
wesentlichen senkrecht zu der ersten Seite des Substrats
(3, 22) verläuft.
4. Sensor nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet,
daß der erste Deckel (8, 31) eine obere Wand aufweist,
die im wesentlichen flach ist und parallel zu der ersten
Seite des Substrats (3, 22) verläuft, wobei das Loch
(11, 33) in der oberen Wand des Deckels (8, 31) ausgebildet
ist, wobei die beiden inneren und äußeren Elektroden
ringförmig sind und auf beiden Seiten der oberen Wand um
das Loch (11, 33) angeordnet sind.
5. Sensor nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet,
daß das Loch (11, 33) kreisförmig ist und das Primärelement
(6, 24) eine kreisförmige Öffnung hat, deren Zentrum in
der Achse des Loches (11, 33) liegt und deren Durchmesser
größer als der des Loches (11, 33) ist.
6. Sensor nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet,
daß das primäre Meßelement (6) aus einem Metalloxid
besteht, dessen elektrischer Widerstand in Abhängigkeit
von der Sauerstoffkonzentration eines damit in Berührung
befindlichen Gases variabel ist, und daß die Sensoreinrichtung
weiterhin erste und zweite Elektroden (4, 5) umfaßt, die an
dem Primärelement befestigt sind, um den elektrischen

Widerstand desselben zu erfassen.

7. Sensor nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet,
daß das Primärelement (6) eine kreisförmige Öffnung
hat, deren Mitte genau unter dem Loch (11, 33) liegt
und deren Querschnitt größer als der Querschnitt des
Loches (11, 33) ist.

8. Sensor nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet,
daß das Primärelement aus ersten und zweiten
Stücken (6a, 6b) besteht, die auf der ersten Seite des
Substrats entfernt von einer Stelle genau unterhalb
des Loches liegen.

9. Sensor nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet,
daß der Steuerraum (9) und das Loch (11) so gestaltet
sind und eine derartige Größe haben, daß eine
Gasdiffusionsrate in dem Steuerraum und nicht in dem
Loch bestimmt ist.

10. Sensor nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet,
daß eine äußere Schaltung (15, usw.) mit den ersten
und zweiten inneren und äußeren Elektroden verbunden
ist, um der Sauerstoffpumpzelle einen elektrischen Strom
solcher Größe zuzuführen, daß ein elektrischer Ausgang
der Sensoreinrichtung auf einem konstanten Wert gehalten
wird.

11. Sensor nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet,
daß das Substrat (22) wenigstens teilweise aus einem
sauerstoffionenleitenden festen Elektrolyten besteht und
daß die Sensoreinrichtung eine Bezugselektrode (23)
enthält, die an dem Substrat befestigt ist, um zusammen
mit dem Primärelement, das als Meßelektrode (24) dient,
und dem sauerstoffionenleitenden festen Elektrolyten des
Substrats eine Sauerstoffsensorzelle zu bilden.

12. Sensor nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet,
daß die Bezugselektrode (23) der Sauerstoffsensorzelle
an einer zweiten Seite des Substrats befestigt ist und
von einem zweiten Deckel (26) in einem Bezugsgasraum
eingeschlossen ist.

13. Sensor nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet,
daß das Primärelement (24) eine kreisförmige Öffnung
hat, deren Mitte genau unter dem Loch liegt und deren
Querschnitt größer als der des Loches ist.

14. Sensor nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet,
daß das Primärelement (24) ringförmig ausgebildet ist.

15. Sensor nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet,
daß der Steuerraum und das Loch derart gestaltet sind
und eine solche Größe aufweisen, daß die Gasdiffusionsrate
in dem Steuerraum und nicht in dem Loch bestimmt ist.

16. Sensor nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet,
daß er eine äußere Schaltung (41, usw.) aufweist, die mit
den inneren und äußeren Meß- und Bezugselektroden der
Sauerstoffpumpzelle und der Sauerstoffsensorzelle verbunden
sind, um der Sauerstoffpumpzelle einen elektrischen Pumpstrom
solcher Größe zuzuführen, daß ein elektrischer Ausgang
der Sauerstoffsensorzelle auf einem konstanten Wert gehalten
wird.

Beschreibung

Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf Luft/Kraftstoffverhältnis-Sensoren, die für Brennkraftmaschinen oder andere Verbrennungsmaschinen verwendet werden, und speziell auf Luft/Kraftstoffverhältnis-Sensoren von der Art, die eine Sauerstoffsensorzelle und eine Sauerstoffpumpzelle enthalten.

Die JP-OS 60-2 36 056 beschreibt ein übliches Beispiel solcher Luft/Kraftstoffverhältnis-Sensoren. Wie Fig. 7 der anliegenden Zeichnung zeigt, hat eine Sauerstoffsensorzelle dieses Beispiels ein Primärelement aus Metalloxid, wie beispielsweise einem Übergangsmetalloxid, dessen elektrischer Widerstand sich mit der Sauerstoffkonzentration ändert. Die Sauerstoffpumpzelle hat ein sauerstoffionenleitendes Feststoffelektrolytelement.

Die JP-OS 61-30 758 beschreibt ein weiteres bekanntes Beispiel, das in Fig. 20A der Zeichnungen dargestellt ist. Die Sauerstoffsensorzelle dieses Beispiels besteht aus einem Substrat aus einem sauerstoffionenleitenden Feststoffelektrolyten, das zwischen einer Bezugselektrode, die in direkter Berührung mit einem Bezugsgas, wie beispielsweise Luft, ist, und einer Meßelektrode, die in direkter Berührung mit einem zu messenden Gas ist, sandwichartig eingeschlossen ist.

Diese Luft/Kraftstoffverhältnis-Sensoren sind jedoch unbefriedigend, weil die Belastung der Sauerstoffpumpzelle zu groß ist und die Neigung zu Überschwüngen beim Übergang zu groß ist, wie nachfolgend noch im Detail erläutert wird.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine Luft/Kraftstoffverhältnis-Sensoranordnung anzugeben, die eine hohe Lebensdauer der Pumpenzelle und ein verbessertes Übergangsverhalten zeigt.

Diese Aufgabe wird durch die kennzeichnenden Merkmale des Anspruchs 1 gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung sind Gegenstand der Unteransprüche.

Bei der erfindungsgemäßen Einrichtung ist das Primärelement auf dem Substrat befestigt und ist dem Gas in dem Steuerraum ausgesetzt. Bei einigen Ausführungsformen der Erfindung besteht das Primärelement aus einem Metalloxid, dessen elektrischer Widerstand sich in Abhängigkeit von der Sauerstoffkonzentration in einem zu messenden Gas ändert. Bei anderen Ausführungsformen ist das Primärelement eine Meßelektrode, die auf dem Substrat eines sauerstoffleitenden Feststoffelektrolyten montiert ist.

In den dargestellten Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung ist die erste Oberfläche des Substrats im wesentlichen flach, das Loch erstreckt sich durch den ersten Deckel längs einer Linie, die im wesentlichen senkrecht zur Oberseite des Substrats verläuft, und das Primärelement hat eine Öffnung, deren Zentrum genau unterhalb des Loches liegt und deren Größe größer ist als der Querschnitt des Loches. Eine Grenzfläche des Loches und der Projektion sind geometrisch derart aufeinander abgestimmt, daß die Grenzfläche des Loches eine Fläche ist, die durch Bewegungen einer geraden Linie senkrecht zur ersten Oberfläche des Substrats erzeugt wird, und während dieser Bewegung schneidet die gerade Linie die erste Oberfläche des Substrats stets an einem Punkt, der auf einem Umriß der Projektion liegt.

Die Erfindung wird nachfolgend unter Bezugnahme auf die Zeichnungen auch im Vergleich zum Stand der Technik näher erläutert. Es zeigt:

Fig. 1A einen Schnitt längs einer Linie IA-IA von Fig. 1B, der schematisch einen Luft/Kraftstoffverhältnis-Sensor einer ersten Ausführungsform der Erfindung zeigt;

Fig. 1B eine Draufsicht auf den Luft/Kraftstoffverhältnis-Sensor nach Fig. 1A, dessen Deckel entfernt ist, um den inneren Aufbau zu zeigen,;

Fig. 2 eine schematische Darstellung einer Schaltung, die den Luft/Kraftstoffsensoren nach Fig. 1A einschließt und dazu eingerichtet ist, das Luft/Kraftstoffverhältnis

zu ermitteln;

Fig. 3 eine graphische Darstellung des Zusammenhangs zwischen einem Pumpenstrom i_p und einem Überschußluftfaktor λ des zu messenden Gases;

Fig. 4 eine graphische Darstellung einer Ausgangscharakteristik des Luft/Kraftstoffverhältnis-Sensors nach Fig. 1A;

Fig. 5 eine Draufsicht ähnlich Fig. 1B, die einen Widerstandsbereich A_5 niedrigen Widerstandes eines Metalloxiidelements des Luft/Kraftstoffverhältnis-Sensors nach Fig. 1A in fetter Umgebungsatmosphäre zeigt;

Fig. 6A eine Draufsicht durch einen Luft/Kraftstoffverhältnis-Sensor nach einer zweiten Ausführungsform der Erfindung mit abgenommenem Deckel,;

Fig. 6B einen Schnitt längs der Linie VIB-VIB von Fig. 6A;

Fig. 7 einen Schnitt durch einen bekannten Luft/Kraftstoffverhältnis-Sensor vom Typ, wie er von den ersten und zweiten Ausführungsformen der Erfindung dargestellt wird;

Fig. 8 eine Schaltung zur Ermittlung eines Luft/Kraftstoffverhältnisses unter Verwendung des Sensors nach Fig. 7;

Fig. 9 eine graphische Darstellung des Verlaufs des Widerstandes in Abhängigkeit von Überschußluftfaktoren bei dem Luft/Kraftstoffverhältnis-Sensor nach Fig. 7;

Fig. 10 eine Darstellung einer äquivalenten Schaltung, die dazu eingerichtet ist, den Überschußluftfaktor (Luft/Kraftstoffäquivalenzverhältnis) unter Verwendung des Sensors nach Fig. 7 zu messen;

Fig. 11 eine graphische Darstellung des Zusammenhangs zwischen einem Pumpenstrom und dem Überschußluftfaktor der Äquivalenzschaltung nach Fig. 10;

Fig. 12A eine Draufsicht auf den Sensor nach Fig. 7 zur Darstellung eines Bereiches (A_1) niedrigen Widerstandes des Metalloxiidelements in magerer Umgebungsatmosphäre;

Fig. 12B eine Draufsicht auf den Sensor nach Fig. 7 zur Darstellung eines Bereiches (A_3) niedrigen Widerstandes des Metalloxiidelements in fetter Umgebungsatmosphäre;

Fig. 13 eine graphische Darstellung der Ausgangscharakteristik des Sensors nach Fig. 7;

Fig. 14A einen Vertikalschnitt, der schematisch einen Luft/Kraftstoffverhältnis-Sensor nach einer dritten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung zeigt;

Fig. 14B eine Draufsicht auf den Sensor nach Fig. 14A mit abgenommenem Deckel;

Fig. 15 eine Schaltung zur Ermittlung des Luft/Kraftstoffverhältnisses unter Verwendung des Sensors nach Fig. 14A;

Fig. 16 eine graphische Darstellung des Zusammenhangs zwischen einem Pumpenstrom und einem Überschußluftfaktor bei dem Luft/Kraftstoffverhältnis-Sensor nach Fig. 14A;

Fig. 17 eine graphische Darstellung der Ausgangscharakteristik des Luft/Kraftstoffverhältnis-Sensors nach Fig. 14A;

Fig. 18A und 18B Draufsichten ähnlich Fig. 14B zur Darstellung von Bereichen hohen Potentials und niedrigen Potentials;

Fig. 19A einen Vertikalschnitt durch einen Luft/Kraftstoffverhältnis-Sensor nach einer vierten Ausführungsform der Erfindung,;

Fig. 19B eine Draufsicht auf den Sensor nach Fig. 19A bei abgenommenem Deckel;

Fig. 20A einen Vertikalschnitt durch einen bekannten

Luft/Kraftstoffverhältnis-Sensor des gleichen Typs, wie er bei den Sensoren der dritten und vierten Ausführungsformen der Erfindung Anwendung findet;

Fig. 20B eine Draufsicht auf den bekannten Sensor nach Fig. 20A bei abgenommenem Deckel;

Fig. 21 eine Schaltung unter Verwendung des bekannten Luft/Kraftstoffverhältnis-Sensors nach Fig. 20A;

Fig. 22 eine graphische Darstellung des Zusammenhangs zwischen der EMK der Sauerstoffsensorzelle und Überschußluftfaktoren bei dem bekannten Luft/Kraftstoffverhältnis-Sensor nach Fig. 20A;

Fig. 23 eine Darstellung einer äquivalenten Schaltung, die zur Messung des Überschußluftfaktors unter Verwendung des Sensors nach Fig. 20A eingerichtet ist;

Fig. 24 eine graphische Darstellung des Zusammenhangs zwischen dem Pumpenstrom und dem Überschußluftfaktor bei der Schaltung nach Fig. 23;

Fig. 25A und 25B schematische Draufsichten auf den bekannten Luft/Kraftstoffverhältnis-Sensor nach Fig. 20A, Bereiche hohen und niedrigen Potentials in magerer bzw. fetter Umgebungsatmosphäre zeigend, und

Fig. 26 eine graphische Darstellung der Ausgangscharakteristik des Sensors nach Fig. 20A.

Um das Verständnis der ersten und zweiten Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung zu erleichtern, wird zunächst auf den bekannten Luft/Kraftstoffverhältnis-Sensor Bezug genommen, wie er in der eingangs erwähnten JP-OS 60-2 36 056 beschrieben ist.

Ein Primärmeßelement 103 eines Luft/Kraftstoffverhältnis-Sensors 101, der in Fig. 7 dargestellt ist, besteht aus einem Metalloxid, beispielsweise einem Oxid eines Übergangsmetalls, dessen elektrischer Widerstand sich mit der Sauerstoffkonzentration eines zu messenden Gases ändert. Das Metalloxidprimärelement 103 ist in Form einer Schicht auf einer Oberseite eines flachen Substrats 102 aus isolierendem Material ausgebildet. Erste und zweite Elektroden 104 und 105 sind auf dem Metalloxidprimärelement 103 befestigt, um den elektrischen Widerstand des Primärelements 103 erfassen zu können. Eine Sauerstoffsensorzelle 106, die aus dem Primärelement 103 und den ersten und zweiten Elektroden 104 und 105 besteht, ist von einem Deckel 107 aus einem sauerstoffionenleitenden Feststoffelektrolyten umschlossen, wobei ein Gasdiffusionssteuerraum 108 zwischen dem Deckel 107 und der Sauerstoffsensorzelle 106 ausgebildet wird. Der Feststoffelektrolytdeckel 107 ist mit einem kleinen Gasdiffusionsloch 109 versehen. Ringförmige dritte und vierte Elektroden 110 und 111 sind an der Innenseite bzw. der Außenseite des Feststoffelektrolytdeckels 107 um das Loch 109 angeordnet, um eine Sauerstoffpumpzelle 112 auszubilden.

In einer in Fig. 8 dargestellten Schaltung ist der Luft/Kraftstoffverhältnis-Sensor 101 nach Fig. 7 mit einem Widerstandsmeßgerät 113 und einer Stromversorgungsquelle 114 für die Pumpzelle 112 verbunden. Das Widerstandsmeßgerät 113 ist an die ersten und zweiten Elektroden 104 und 105 der Sauerstoffsensorzelle 106 über Leitungen 104a und 105a angeschaltet. Die Stromversorgungsquelle 114 ist über Leitungen 110a und 111a mit den dritten und vierten Elektroden 110 und 111 verbunden.

Wenn von der Stromquelle 114 kein Pumpenstrom zugeführt wird, dann variiert der Widerstand des Metalloxidelements 103, der von dem Widerstandsmeßgerät 113 gemessen wird, in Abhängigkeit von der Sauerstoffkonzentration des Gases, das in den Steuerraum

108 durch das Loch 109 einströmt, und zwar entsprechend einer Charakteristik A, die in Fig. 9 gezeigt ist, die eine starke und plötzliche Änderung des Widerstandes an oder nahe dem Luft/Kraftstoff-Äquivalenzverhältnis 5 (Überschußluftfaktor) $\lambda = 1$ zeigt.

Wenn ein Pumpenstrom in einer Richtung i_1 , wie in Fig. 8 eingezeichnet, von der Stromquelle 114 zugeführt wird, dann fließen Sauerstoffionen durch den Feststoffelektrolytdeckel 107 von der dritten inneren Elektrode 110 zur vierten äußeren Elektrode 111, so daß Sauerstoff nahe der dritten inneren Elektrode 110 aufgenommen wird. Im Falle, daß die Bewegung des Gases in den Gasdiffusionssteuerraum 108 und/oder im Gasdiffusionsloch 109 ein die Rate bestimmender Schritt ist, wird die Sauerstoffkonzentration nahe dem Metalloxidelement 103 speziell in einem Bereich fern von dem Gasdiffusionsloch 109 niedrig, selbst wenn das Umgebungsgas einen hohen Sauerstoffanteil aufweist (d.h., das Umgebungsgas ist mager). Der Luft/Kraftstoffverhältnis-Sensor 101 zeigt daher eine Charakteristik B in Fig. 9, so daß die Luft/Kraftstoffverhältnisregelung auf der mageren Seite möglich wird.

Wenn der Pumpenstrom in einer Richtung i_2 gemäß Fig. 8 von der Stromquelle 114 zugeführt wird, dann fließen Sauerstoffionen im Feststoffelektrolytdeckel 107 von der vierten äußeren Elektrode 111 zur dritten inneren Elektrode 110, so daß Sauerstoff in den Steuerraum 108 nahe der dritten Elektrode 110 zugeführt wird. Selbst wenn das Umgebungsgas nur einen niedrigen Anteil Sauerstoff enthält (d.h. wenn das Gas fett ist), dann wird daher die Sauerstoffkonzentration nahe dem Metalloxidelement 103 speziell im Bereich fern von dem Gasdiffusionsloch 109 hoch. In diesem Falle erhält man eine Charakteristik C nach Fig. 9, und der Luft/Kraftstoffverhältnis-Sensor 101 erlaubt die Luft/Kraftstoffverhältnisregelung auf der fetten Seite.

Eine äquivalente Schaltung, wie sie in Fig. 10 gezeigt ist, ist ein Beispiel, das in gegenwärtigen Systemen zur Messung des Überschußluftfaktors von Abgasen verwendet wird. In der Schaltung nach Fig. 10 sind die Sauerstoffsensorzelle 106 und ein Widerstand 120 miteinander in Serie geschaltet, um eine Serienschaltung zu bilden, an die eine konstante Spannung V_1 angelegt wird. Der Widerstand des Metalloxidelements 103 der Sauerstoffsensorzelle 106 wird aus einer Ausgangsspannung V_2 bestimmt, die man an der Verbindung zwischen der Sensorzelle 106 und dem Widerstand 120 abgreift. Die Stromquelle 114 ist dazu eingerichtet, den Pumpenstrom i_p zuzuführen, um die Ausgangsspannung V_2 auf einem vorbestimmten Wert V_a zu halten. Der Pumpenstrom i_p variiert daher in Abhängigkeit vom Überschußluftfaktor λ des Gases, wie die Kurve in Fig. 11 zeigt.

Der bekannte Luft/Kraftstoffverhältnis-Sensor 101 ist jedoch hinsichtlich der folgenden Punkte noch immer unbefriedigend. Fig. 12A zeigt schematisch das Metalloxidelement 103 im Falle, daß das zu messende Gas mager ist. Wie durch den schraffierten, gepunkteten Bereich in Fig. 12A dargestellt ist, wird das Metalloxidelement 103 in einem Zustand niedrigen Widerstands in einem Bereich A_1 fern von der Projektion 109a des Gasdiffusionsloches 109 gehalten. Wenn das Gas fett ist, dann wird das Metalloxidelement 103 im Zustand niedrigen Widerstandes nur in einem Bereich A_3 gehalten, der der Projektion 109a dichtest benachbart ist, während der übrige Bereich A_4 des Elements 103 auf relativ hohem Widerstandszustand gehalten wird. Um die Ausgangsspannung V_2 auf dem vorbestimmten Wert V_a zu

halten, ist es daher notwendig, die Sauerstoffkonzentration im größten Teil des Gasdiffusionssterraumes 108 ausreichend hoch zu halten, indem zusätzlicher Pumpenstrom mehr zur fetten Seite im Vergleich zur mageren Seite zugeführt wird. Dies begünstigt eine Verschlechterung der Arbeitsweise der Sauerstoffpumpzelle. Darüber hinaus besteht Neigung zum Auftreten von Überschwüngen aufgrund des Ansprechverhaltens bei Übergangszuständen des Pumpenstromes i_p , die aus den Änderungen des Gases von fett zu mager und von mager zu fett auftreten, wie Fig. 13 zeigt, weil zu viel Pumpenstrom erforderlich ist, um einen Sauerstoffüberschuß im Diffusionssterraum 108 speziell auf der fetten Seite zu beseitigen.

Eine erste Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist in Fig. 1A und 1B gezeigt. Ein Luft/Kraftstoffverhältnis-Sensor 1 nach den Fig. 1A und 1B hat ein isolierendes Substrat 3 in Form einer flachen Platte. Das isolierende Substrat 3 aus einem isolierenden Material weist ein darin eingebettetes Heizelement 2 auf. Eine erste Elektrode 4 und eine zweite Elektrode 5 sind auf einer Oberseite des Substrats 3 angebracht. Die Oberseite des Substrats 3 dieser Ausführungsform ist im wesentlichen flach. Die beiden ersten und zweiten Elektroden 4 und 5 sind bei dieser Ausführungsform als Streifen ausgeführt und verlaufen parallel zueinander auf der Oberseite des Substrats 3. Ein sauerstoffermittelndes Primärelement 6 ist auf den ersten und zweiten Elektroden 4 und 5 angeordnet. Das Sensorelement 6 besteht aus einem Metalloxid, wie beispielsweise einem Oxid eines Übergangsmetalls (oder einem Oxid eines Nicht-Übergangsmetalls, wie beispielsweise Sn oder Zn). Das Metalloxidelement 6 ist dünn und im wesentlichen flach und hat eine kreisförmige Öffnung 6a, die in einem Mittenabschnitt des Elements 6 ausgebildet ist. Bei dieser Ausführungsform ist das Metalloxidelement 6 im wesentlichen quadratisch, und die Mitte der Öffnung 6a fällt mit der Mitte des quadratischen Elements 6 zusammen. Eine Sauerstoffsensorzelle 7 besteht aus den ersten und zweiten Elektroden 4 und 5 und dem Metalloxidelement 6. Die ersten und zweiten Elektroden 4 und 5 sind an dem Metalloxidelement 6 befestigt, um Änderungen im elektrischen Widerstand des Metalloxidelements 6 zu messen.

Ein Deckel 8 befindet sich auf dem Substrat 3 derart, daß die Sauerstoffsensorzelle 7 bedeckt wird und ein Gasdiffusionssterraum 9 zwischen dem Substrat 3 und dem Deckel 8 ausgebildet wird. Die Sauerstoffsensorzelle 7 ist innerhalb des Sterraumes 9 von dem Deckel 8 eingeschlossen. Der Deckel 8 besteht aus einem sauerstoffionenleitenden festen Elektrolyten. Der Deckel 8 ist mit einem Gasdiffusionsloch 11 in seiner Mitte versehen. Ein Gas aus einer Umgebungsatmosphäre kann in den Gasdiffusionssterraum 9 durch das Gasdiffusionsloch 11 einströmen und daraus ausströmen. Der Deckel 8 hat eine flache obere Wand und eine Seitenwand, die sich vom Umfang der Oberwand zum Substrat 3 erstreckt. Die flache obere Wand des Deckels 8 ist bei dieser Ausführungsform im wesentlichen quadratisch und verläuft im wesentlichen parallel zu dem Substrat 3. Das Gasdiffusionsloch 11 befindet sich in der Mitte der oberen Wand des Deckels 8. Das Loch 11 ist bei dieser Ausführungsform kreisförmig und erstreckt sich durch die obere Wand des Deckels 8 in im wesentlichen senkrechter Richtung zur Oberseite des Substrats 3. Eine kreisförmige Projektion 11a, die in Fig. 1B dargestellt ist, wird durch Projektion des Loches 11 des Deckels 8 auf die Oberseite des Substrats 3 in der

Richtung, in der sich das Loch 11 durch die obere Wand des Deckels 8 erstreckt, erzeugt. Wie Fig. 1B zeigt, ist die Projektion 11a des Loches 11 konzentrisch zu der kreisförmigen Öffnung 6a des Metalloxidelements 6. Der Durchmesser der kreisförmigen Öffnung 6a ist größer als der der Projektion 11a. Die Projektion 11a ist daher innerhalb der kreisförmigen Öffnung 6a zentriert. Auf diese Weise liegt das Sauerstoffsensorelement 6 außerhalb der Projektion 11a.

Der Luft/Kraftstoffverhältnis-Sensor 1 hat weiterhin eine dritte innere Elektrode 12 und eine vierte äußere Elektrode 13, die zusammen mit dem festen Elektrolyt des Deckels 8 eine Sauerstoffpumpzelle 14 bilden. Die dritten und vierten Elektroden 12 und 13 sind jeweils in Form eines Ringes ausgeführt und sind um das Gasdiffusionsloch 11 angeordnet. Die dritte Elektrode 12 ist an der Innenseite des Deckels 8 innerhalb des Gasdiffusionssterraumes 9 angeordnet, während die vierte Elektrode 13 an der Außenseite des Deckels 8 außerhalb des Sterraumes 9 befestigt ist.

Fig. 2 zeigt ein Beispiel einer Luft/Kraftstoffverhältnis-Steuerschaltung, die den Luft/Kraftstoffverhältnis-Sensor 1 dieser Ausführungsform verwendet. Die Schaltung nach Fig. 2 ist dazu eingerichtet, das Luft/Kraftstoffverhältnis aus einem Sauerstoffpumpstrom des Luft/Kraftstoffverhältnis-Sensors 1 zu ermitteln.

Die Schaltung nach Fig. 2 enthält einen Differenzverstärker 15. Ein erster Eingang (invertierender Eingang) des Differenzverstärkers 15 wird auf einer Bezugsspannung V_c gehalten. Ein Widerstand R_1 und das Metalloxidelement 6 sind in Serie geschaltet, um einen Spannungsteiler zu bilden, dem eine konstante Spannung V_1 zugeführt wird. An dem Verbindungspunkt zwischen dem Widerstand R_1 und dem Element 6 wird eine Ausgangsspannung V_2 abgegriffen, die einem zweiten Eingangsanschluß (nicht-invertierender Anschluß) des Differenzverstärkers 15 zugeführt wird. Der Differenzverstärker 15 liefert den Pumpstrom i_p an die Sauerstoffpumpzelle 14, um die Ausgangsspannung V_2 gleich der Bezugsspannung V_c zu machen.

Dieser Luft/Kraftstoffverhältnis-Sensor 1 hat eine Charakteristik zwischen dem Pumpstrom i_p und dem Überschußluftfaktor λ des zu messenden Gases, die mit durchgezogener Linie in Fig. 3 eingezeichnet ist. Die gestrichelte Linie in Fig. 3 zeigt die Charakteristik eines konventionellen Luft/Kraftstoffverhältnis-Sensors 101 nach Fig. 7. Wie aus Fig. 3 hervorgeht, ist der Wert des Pumpstromes des Sensors 1 kleiner als der des bekannten Sensors 101 speziell auf der fetten Seite. Die Gestaltung des Luft/Kraftstoffverhältnis-Sensors 1 nach der vorliegenden Erfindung kann daher die Belastung der Sauerstoffpumpzelle 14 vermindern und damit eine unerwünschte Alterung der Ausgangscharakteristik auf einen niedrigen Wert beschränken.

Fig. 4 zeigt eine graphische Darstellung der Ausgangscharakteristik des Luft/Kraftstoffverhältnis-Sensors 1 nach der vorliegenden Erfindung. Die Charakteristik nach Fig. 4 ist eine Charakteristik über das Ansprechverhalten, das aus einer Änderung der Gaszusammensetzung von mager nach fett und umgekehrt resultiert. Gemäß der vorliegenden Erfindung ist das Metalloxidprimärelement 6 so gestaltet und angeordnet, daß kein Metalloxid innerhalb der Projektion 11a des Loches 11 liegt. Speziell in fetter Umgebungsatmosphäre wird das Metalloxidelement nach der vorliegenden Erfindung 6 in einem Zustand niedrigen Widerstandes in einem Bereich A_2 gehalten, der nicht genau unter dem Gasdiffusionsloch 11 liegt, wie Fig. 5 zeigt. Die

Sauerstoffkonzentration wird daher außergewöhnlich hoch nur in einem kleinen Teil des Gasdiffusionsraumes 9, so daß das Gas in dem Diffusionsraum 9 mit kleinem Pumpenstrom während eines Übergangs zwischen fett und mager erneuert werden kann. Als Folge davon zeigt der Luft/Kraftstoffverhältnis-Sensor 1 nach der vorliegenden Erfindung ein zufriedenstellendes Übergangsverhalten ohne Überschwingung, wie Fig. 4 zeigt.

Eine zweite Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist in den Fig. 6A und 6B dargestellt. Bei dem Luft/Kraftstoffverhältnis-Sensor 1 nach den Fig. 6A und 6B ist der sauerstoffionenleitende feste Elektrolytdeckel 8 so gestaltet, daß die Rate der Gasdiffusion vorherrschend im Gasdiffusionssteuerraum 9 anstelle im Gasdiffusionsloch 11 bestimmt ist. Beispielsweise ist der Durchmesser des Gasdiffusionsloches 11 gleich 0,6 mm, und die Höhe des Gasdiffusionssteuerraumes 9 (das ist eine Distanz zwischen der Innenseite der Oberwand des Deckels 8 und der Oberseite des Substrats 3) gleich 20 µm. Bei dieser Ausführungsform sind die Oberflächen der ersten und zweiten Elektroden 4 und 5 bündig mit der Oberfläche des Substrats 3, und das Metalloxidelement 6 ist in zwei Stücke 6a und 6b unterteilt, wie in den Fig. 6A und 6B dargestellt ist. Jedes Stück des Metalloxidelements 6 ist wie ein Stab gestaltet und ist so angeordnet, daß beide Enden in Berührung mit den ersten und zweiten Elektroden 4 bzw. 5 sind. Jedes Stück des Metalloxidelements 6 hat von der Projektion 11a des Loches 11 einen derartigen Abstand, daß die Rate der Gasdiffusion in einem Verlauf zwischen der Stelle unmittelbar unter dem Gasdiffusionsloch 11 und der Stelle eines jeden Stückes 6a oder 6b des Metalloxidelements 6 bestimmt ist.

Bei dem Luft/Kraftstoffverhältnis-Sensor nach der zweiten Ausführungsform der Erfindung ist das Volumen des Gasdiffusionssteuerraumes 9 weiter vermindert. D.h., die Gasmenge, die während eines Wechsels zwischen fett und mager ersetzt werden muß, ist vermindert. Die Tendenz eines Überschwingens ist daher weiter vermindert, und die Ansprechgeschwindigkeit des Pumpstroms i_p ist bemerkenswert gesteigert (beispielsweise ist die Ansprechgeschwindigkeit mehr als fünfmal so hoch wie bei dem bekannten Sensor).

Um das Verständnis der dritten und vierten Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung zu erleichtern, wird auf einen bekannten Luft/Kraftstoffverhältnis-Sensor Bezug genommen, der in Fig. 20A dargestellt ist (ein ähnlicher Sensor ist in der JP-OS 61-30 758 beschrieben).

Der Luft/Kraftstoffverhältnis-Sensor 200 nach Fig. 20A besteht aus einem Substrat 201 aus einem sauerstoffionenleitenden festen Elektrolyten, der sandwichartig zwischen ersten und zweiten Elektroden 202 und 203 eingeschlossen ist, um eine Sauerstoffsensorzelle 204 zu bilden. Die erste Elektrode 202 ist von einem unteren Deckel 205 innerhalb eines Bezugsraumes 206 umschlossen, der zwischen dem unteren Deckel 205 und dem Substrat 201 ausgebildet ist. Ein Bezugsgas, wie beispielsweise Luft, wird in den Bezugsraum 206 eingeführt. Die erste Elektrode 202 im Bezugsraum 206 dient als eine Bezugselektrode. Die zweite Elektrode 203 ist von einem oberen Deckel 207 aus einem sauerstoffionenleitenden festen Elektrolyten umschlossen, wobei ein Gasdiffusionssteuerraum 208 zwischen dem oberen Deckel 207 aus festem Elektrolyt und dem festen Elektrolytsubstrat 201 ausgebildet wird. Der obere Deckel 207 ist mit einem kleinen Gasdiffusionsloch 209 versehen, durch das ein zu messendes Gas in den Steuerraum

208 eingeführt wird. Ringförmige dritte und vierte Elektroden 210 und 211 sind an den Innen- und Außenseiten des oberen Deckels 207 um das Loch 209 angeordnet, um eine Sauerstoffpumpzelle 212 zu bilden.

Wie Fig. 21 zeigt, ist ein Potentialmesser 213 an die ersten und zweiten Elektroden 202 und 203 der Sensorzelle 204 über Leitungen 202a und 203a angeschlossen, und eine Stromquelle 214 ist an die dritten und vierten Elektroden 210 und 211 der Pumpzelle 212 über Leitungen 210a und 211a angeschlossen.

Wenn kein Pumpstrom von der Stromquelle 214 fließt, dann variiert die elektrische Potentialdifferenz zwischen den ersten und zweiten Elektroden 202 und 203 der Sauerstoffsensorzelle 204, die von dem Potentialmesser 213 gemessen wird, in Abhängigkeit von der Sauerstoffkonzentration des in den Raum 208 eingeführten Gases entsprechend einer Charakteristik A, die in Fig. 22 gezeigt ist. In diesem Falle ändert sich die Potentialdifferenz, d.h. eine EMK der Sauerstoffsensorzelle, an oder nahe dem Luft/Kraftstoff-Äquivalenzverhältnis (Überschußluftfaktor) von $\lambda = 1$ sehr scharf. Wie der Sensor 101 nach Fig. 7 liefert der Sensor 200 eine EMK in Abhängigkeit vom Überschußluftfaktor entsprechend der Kurve B in Fig. 22, wenn Pumpstrom in Richtung i_1 gemäß Fig. 21 zugeführt wird, und entsprechend der Kurve C in Fig. 22, wenn Pumpstrom in umgekehrter Richtung i_2 zugeführt wird.

Eine äquivalente Schaltung nach Fig. 23 ist ein Beispiel, das in gegenwärtigen Systemen zum Messen des Überschußluftfaktors von Abgasen verwendet wird. In der Schaltung nach Fig. 23 sind der Potentialmesser 213 und die Stromquelle angeschlossen, daß Pumpstrom i_p so zugeführt wird, daß die EMK V_s der Sauerstoffsensorzelle 104 auf einem vorbestimmten Wert V_a konstantgehalten wird. Fig. 24 zeigt eine Charakteristik des Pumpstromes i_p in Abhängigkeit vom Überschußluftfaktor, die man mit der Anordnung nach Fig. 23 erhält.

Die Fig. 25A und 25B zeigen die zweite Elektrode 203 des Sensors 200. Wenn das zu messende Gas mager ist, dann wird die zweite Elektrode 203 auf einem Zustand hohen Potentials gegenüber der Bezugselektrode in einem Bereich A_1 gehalten, der außerhalb des strichpunktierten Kreises L_1 und fern von der Projektion 209a des Loches 209 liegt, wie Fig. 25A zeigt. Ein Bereich A_2 innerhalb des Kreises L_1 wird auf einem Zustand niedrigen Potentials gehalten. Daher muß ein großer Teil des Gasdiffusionssteuerraumes 208 im Zustand niedriger Sauerstoffkonzentration gehalten werden, was eine übermäßige Belastung an der Sauerstoffpumpzelle 212 erforderlich macht. Wenn andererseits das Gas fett ist, dann wird die zweite Elektrode 203 im Zustand hohen Potentials in bezug auf die Bezugselektrode in einem Bereich A_3 gehalten, der nahe der Projektion 209a des Loches 209 innerhalb eines strichpunktierten Kreises L_2 um die Projektion 209a in Fig. 25B liegt, und muß im Zustand niedrigen Potentials in dem verbleibenden Bereich A_4 außerhalb des Kreises L_2 gehalten werden. Ein großer Teil des Gasdiffusionssteuerraumes 208 muß daher auf hoher Sauerstoffkonzentration gehalten werden, was eine übermäßige Belastung der Sauerstoffpumpzelle 212 erforderlich macht. Wegen dieser übermäßigen Belastung verschlechtert sich die Sauerstoffpumpzelle 212 des bekannten Sensors 200 im Gebrauch.

Weiterhin erfordern Änderungen in der Gaszusammensetzung zwischen fett und mager beim konventionellen Sensor 200, daß ein großer Pumpstrom i_p einen Sauerstoffüberschuß aufgrund eines fetten Betriebs aus dem Diffusionssteuerraum 208 entfernt und fehlenden

Sauerstoff bei magerem Betrieb zuführt. Es besteht daher die Neigung zu Überschwingungen beim Übergang, wie aus Fig. 26 deutlich hervorgeht.

Die dritte Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist in den Fig. 14A bis 18B dargestellt.

Ein Luft/Kraftstoffverhältnis-Sensor 21 nach Fig. 14A weist ein sauerstoffionenleitendes festes Elektrolytsubstrat 22 von plattenförmiger Gestalt auf, das zwischen ersten und zweiten Elektroden 23 und 24 sandwichartig eingeschlossen ist, um eine Sauerstoffsensorzelle 25 zu bilden. Die erste Elektrode 23 ist von einem unteren Deckel 26 in einem Bezugsgasraum 27 eingeschlossen, der zwischen dem unteren Deckel 26 und dem Substrat 22 ausgebildet ist. Ein Bezugsgas, wie beispielsweise Luft, wird in den Raum 27 eingeführt, und die erste Elektrode 23 wird als eine Bezugs Elektrode verwendet. Der untere Deckel 26 weist ein Heizelement 29 auf, das von einem Isolator 28 elektrisch isoliert und in den Deckel 26 eingebettet ist.

Die zweite Elektrode 24 ist ein Primärmeßelement, das sich in direkter Berührung mit dem zu messenden Gas befindet, und dient als eine Meßelektrode der Sensorzelle 25. Die zweite Elektrode 24 ist mit einer kreisförmigen Öffnung 24a in ihrer Mitte versehen. Bei dieser Ausführungsform ist die zweite Elektrode 24 im wesentlichen quadratisch, und die Mitte der Öffnung 24a fällt mit der Mitte der zweiten Elektrode 24 zusammen, wie Fig. 14B zeigt. Die zweite Elektrode 24 ist von einem oberen Deckel 31 aus einem sauerstoffionenleitenden festen Elektrolyten innerhalb eines Gasdiffusionssteuerraums 32 eingeschlossen, der zwischen dem oberen Deckel 31 und dem Substrat 22 ausgebildet ist. Ein kreisförmiges Gasdiffusionsloch 33 ist im Mittenabschnitt des oberen Deckels 31 ausgebildet. Der obere Deckel 31 hat bei dieser Ausführungsform eine flache obere Wand, die im wesentlichen parallel zum Substrat 22 verläuft. Das Loch 33 liegt bei dieser Ausführungsform in der Mitte der oberen Wand des oberen Deckels 31 und erstreckt sich durch die obere Wand des Deckels 31 in einer Richtung im wesentlichen senkrecht zur Oberseite des Substrats 22. Der strichpunktierte kleine Kreis 33a in Fig. 14B ist die Projektion, die das Loch 33 auf der Oberseite des Substrats 22 in der Richtung erzeugt, in der sich das Loch 33 durch den oberen Deckel 31 erstreckt. Die kreisförmige Öffnung 24a der zweiten Elektrode 24 hat eine solche Größe und ist derart angeordnet, daß sie im wesentlichen konzentrisch zu dem Kreis 33a verläuft, und ihr Durchmesser ist größer als der des Kreises 33a. Die zweite Elektrode 24 ist derart gestaltet und angeordnet, daß der Bereich innerhalb des Kreises 33a ausgespart ist.

Ringförmige dritte und vierte Elektroden 34 und 35 sind um das Loch 33 an den Innen- und Außenseiten der oberen Wand des oberen Deckels 31 befestigt, um eine Sauerstoffpumpzelle 36 zu bilden.

In einer Schaltung nach Fig. 15 wird eine EMK V_s der Sauerstoffsensorzelle 25 des Sensors 21 einem ersten Eingangsanschluß (invertierender Eingang) eines Differenzverstärkers 41 zugeführt, dessen zweiter Eingangsanschluß (nicht-invertierender Anschluß) auf einem Bezugspotential V_c gehalten wird. Der Differenzverstärker 41 führt der Sauerstoffpumpzelle 36 einen Pumpstrom i_p derartiger Größe zu, daß die EMK V_s der Sensorzelle 25 auf der Größe der Bezugsspannung V_c konstantgehalten wird.

Der Luft/Kraftstoffverhältnis-Sensor 21 der dritten Ausführungsform zeigt eine Abhängigkeit des Pumpstromes vom Überschußluftfaktor, die mit durchgezogen

gener Linie in Fig. 16 dargestellt ist. Die gestrichelte Linie in Fig. 16 zeigt die Charakteristik des konventionellen Sensors 200 nach Fig. 20A zum Vergleich. Bei dem Sensor nach der dritten Ausführungsform ist der Absolutwert des Pumpstroms sowohl auf der fetten als auch auf der mageren Seite im Vergleich zum bekannten Sensor 200 vermindert. Die Belastung der Pumpzelle 36 ist daher herabgesetzt, so daß ein unerwünschtes vorzeitiges Altern der Sensorausgangscharakteristik begrenzt ist.

Der Luft/Kraftstoffverhältnis-Sensor 21 zeigt ein befriedigendes Übergangsverhalten ohne Überschwingungen, wie in Fig. 17 dargestellt. Die zweite Elektrode 24 wird in einem Zustand hohen Potentials in einem Bereich A_5 im Falle magerer Atmosphäre gehalten, siehe Fig. 18A, und im Zustand niedrigen Potentials in einem Bereich A_6 gemäß Fig. 18B im Falle fetter Atmosphäre. Jeder der Bereiche A_5 von Fig. 18A und A_6 von Fig. 18B liegt im Abstand zur Stelle genau unterhalb des Gasdiffusionsloches 33a, so daß die Sauerstoffkonzentration auf einem übermäßig hohen oder übermäßig niedrigen Wert nur in einem kleinen Volumenbereich des Gasdiffusionsraumes 33 gehalten wird. Das Gas im Steuerraum 32 kann daher mit kleinem Pumpstrom leicht erneuert werden, wobei ein Überschwingen verhindert ist, wie Fig. 17 zeigt.

Eine vierte Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist in den Fig. 19A und 19B dargestellt. Der Luft/Kraftstoffverhältnis-Sensor 21 der vierten Ausführungsform ist im wesentlichen identisch mit dem Sensor der dritten Ausführungsform. Wie bei der zweiten Ausführungsform ist der obere Deckel 31 der vierten Ausführungsform derart gestaltet, daß die Rate der Gasdiffusion vorherrschend im Gasdiffusionssteuerraum 32 anstelle im Gasdiffusionsloch 33 bestimmt ist. Beispielsweise beträgt der Durchmesser des Gasdiffusionsloches 33 gleich 0,6 mm, und die Höhe des Steuerraums 32 (das ist die Distanz zwischen dem Substrat 22 und der Oberwand des oberen Deckels 31) beträgt 20 μ m. Die zweite Elektrode 24 der vierten Ausführungsform ist schmal und wie ein Ring gestaltet, wie Fig. 19B zeigt. Die ringförmige zweite Elektrode 24 ist um die Projektion 33a des Loches 33 herum angeordnet. Bei der vierten Ausführungsform liegt die zweite Elektrode 24 in einer beachtlichen Distanz zur Projektion 33a, und die Rate der Gasdiffusion ist in dem Zwischenraum zwischen dem Punkt unmittelbar unter dem Loch 33 und der zweiten Elektrode 24 bestimmt.

Wie bei der zweiten Ausführungsform kann der Sensor nach der vierten Ausführungsform die Überschwingungstendenz vermindern und die Ansprechgeschwindigkeit auf den etwa fünffachen Wert des bekannten Beispiels steigern.

Im Stand der Technik sind die verschiedensten sauerstoffleitenden festen Elektrolyten bekannt, die bei der vorliegenden Erfindung verwendet werden können, sowie die verschiedensten Metalloxide, die als Metalloxydelement 6 bei den ersten und zweiten Ausführungsformen Einsatz finden können, sowie die verschiedensten Materialien, die als Elektroden der Sensorzelle und der Pumpzelle Einsatz finden können. Die Erfindung ist daher auf die Verwendung der in der Beschreibung angegebenen Materialien nicht beschränkt.

- Leerseite -

Nummer:
Int. Cl. 4:
Anmeldetag:
Offenlegungstag:

37 07 874
G 01 N 27/50
11. März 1987
17. September 1987

FIG. 1A

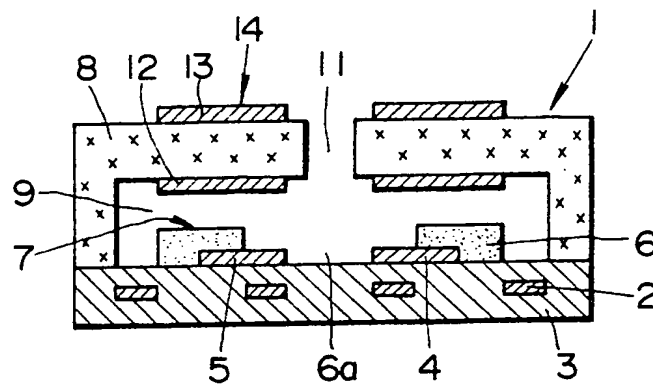


FIG. 1B

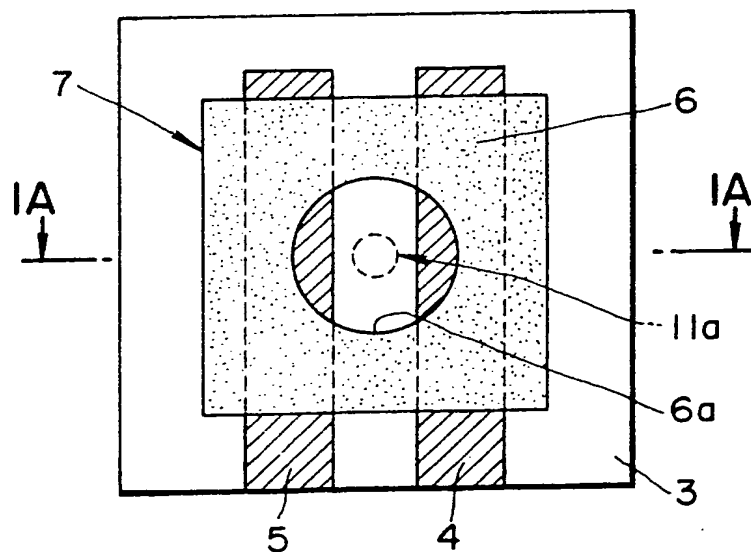
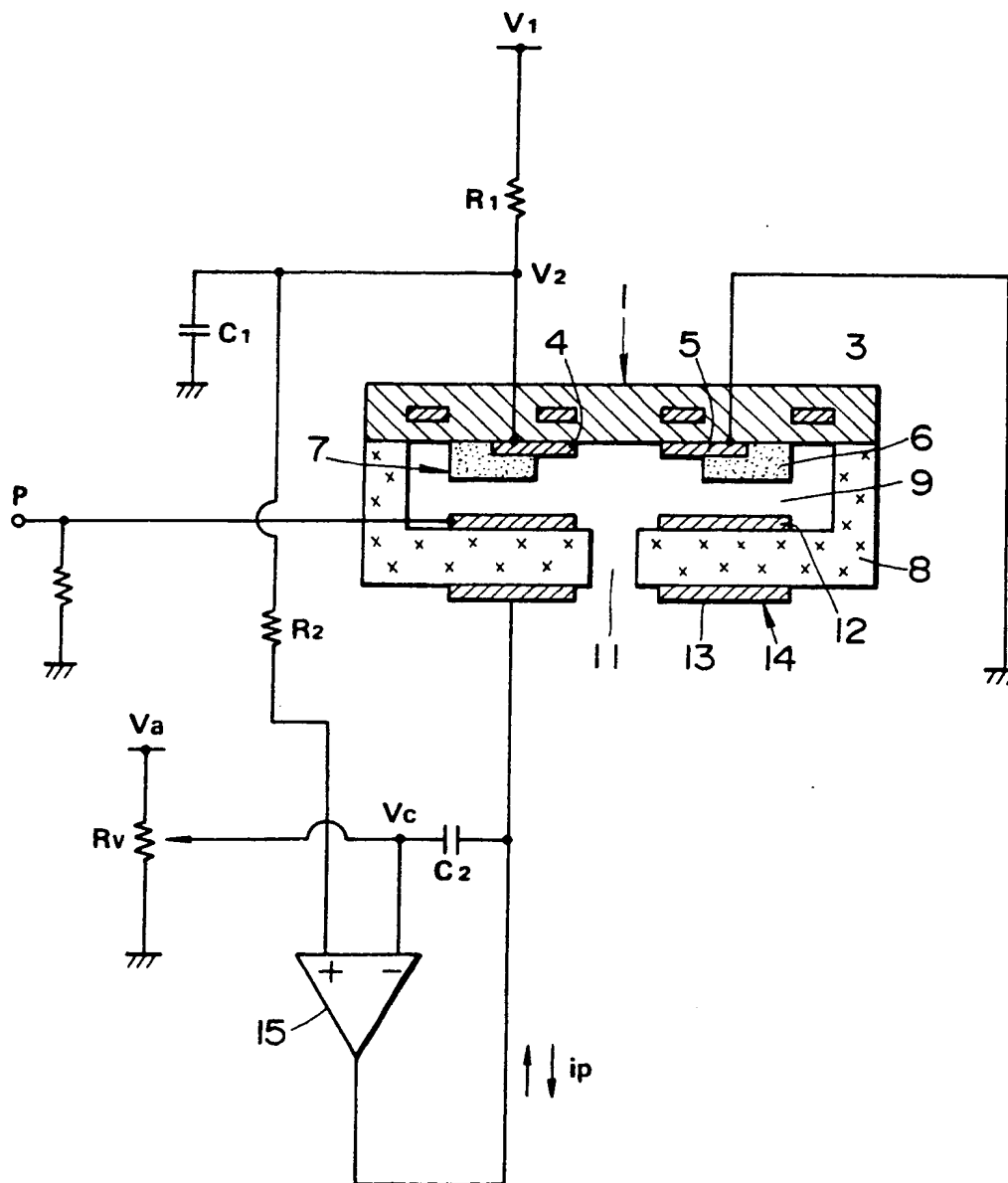


FIG.2



ORIGINAL INSPECTED

FIG.3

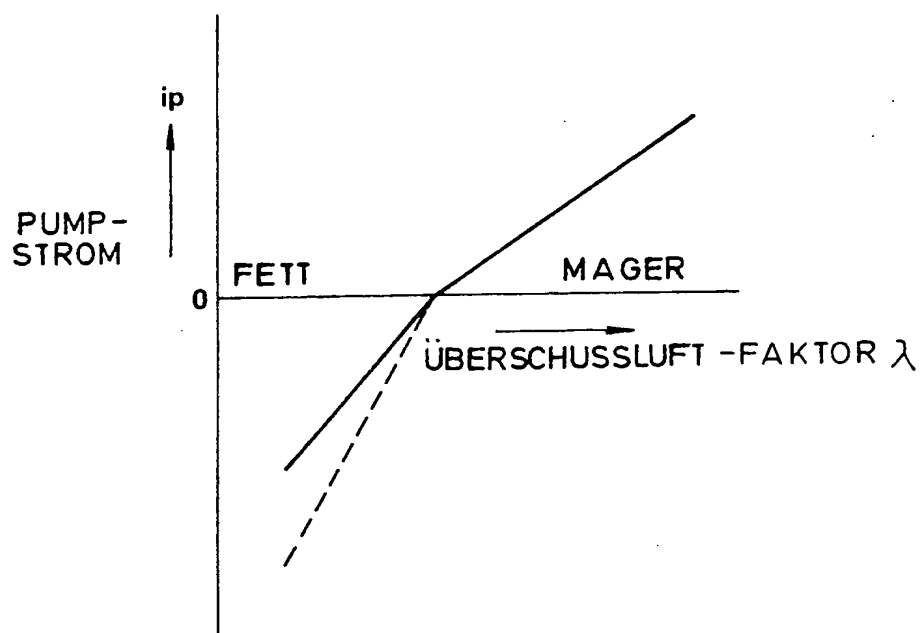


FIG.4

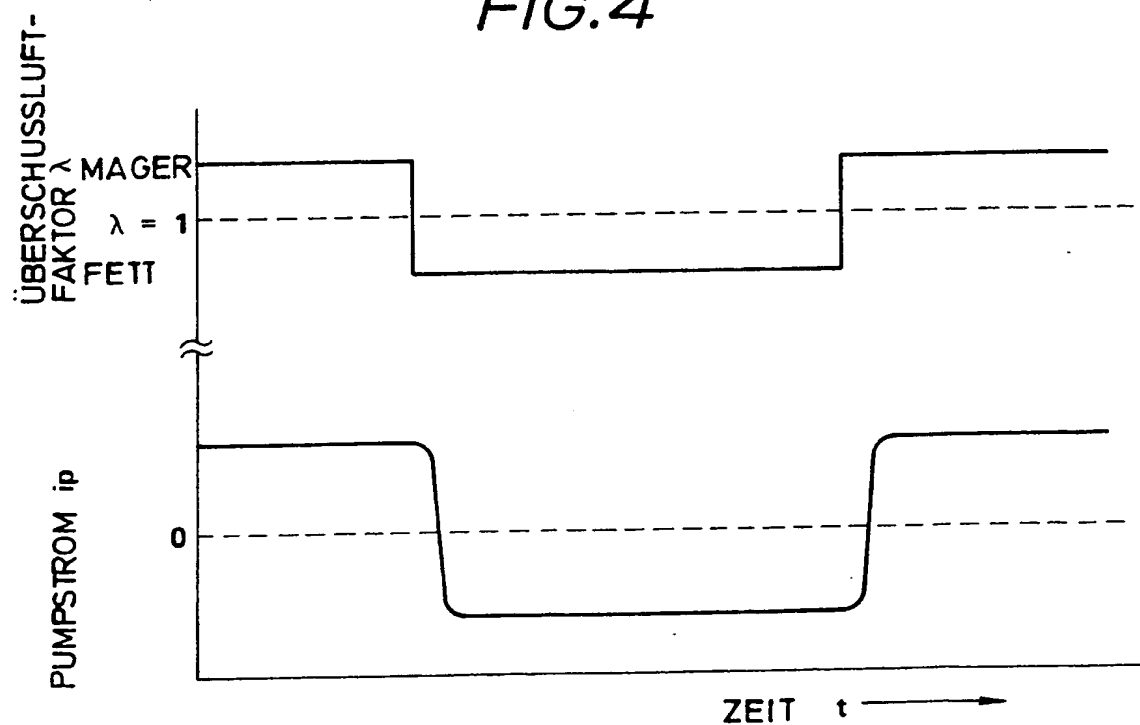


FIG. 5

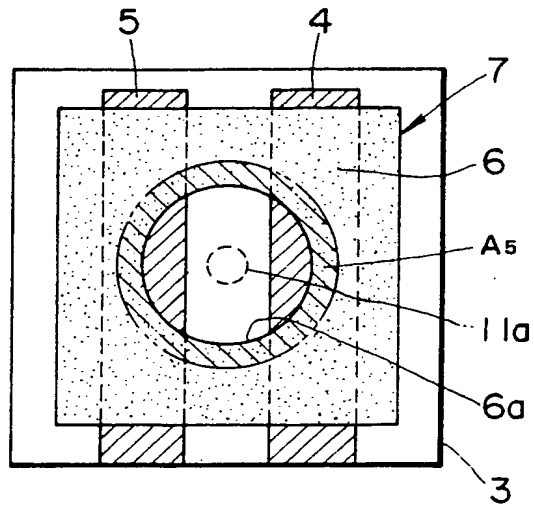


FIG. 6A

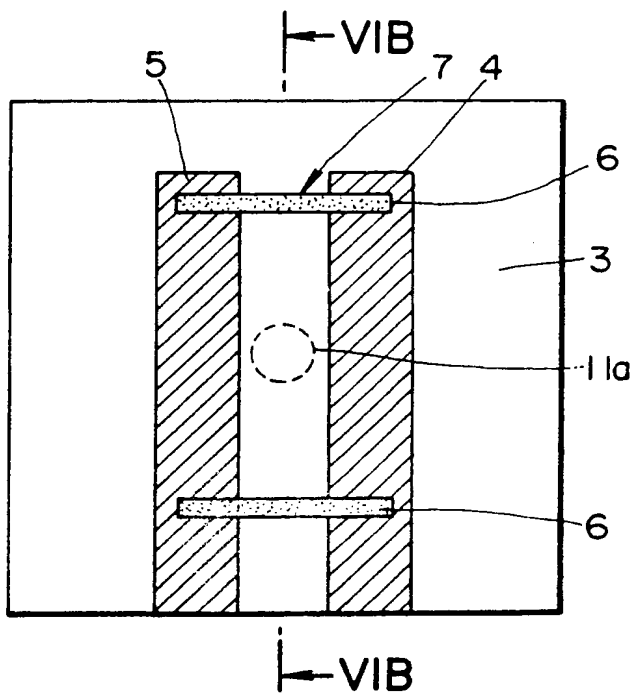
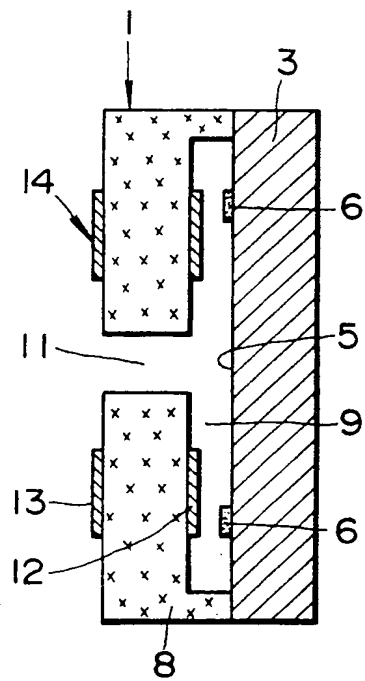


FIG. 6B



ORIGINAL INSPECTED

FIG. 7
STAND DER TECHNIK

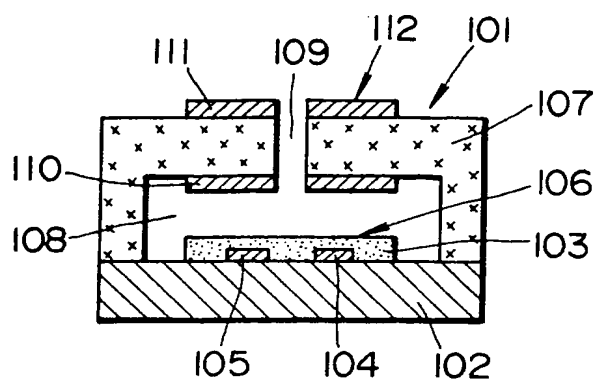


FIG. 8
STAND DER TECHNIK

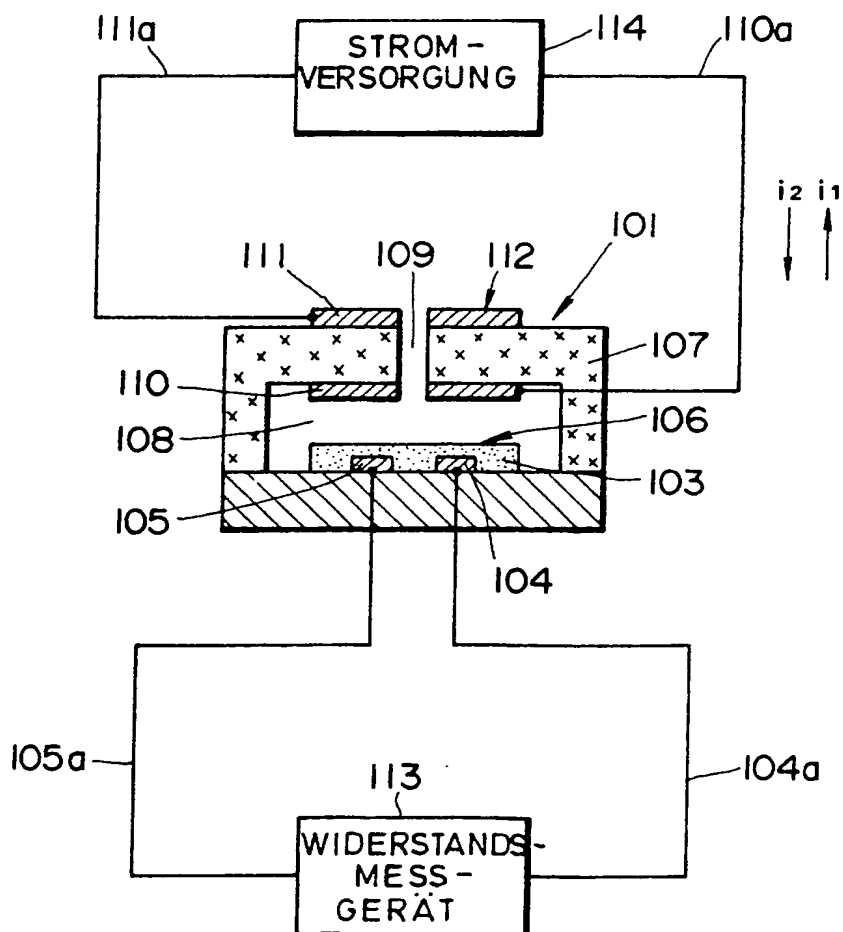


FIG.9
STAND DER TECHNIK

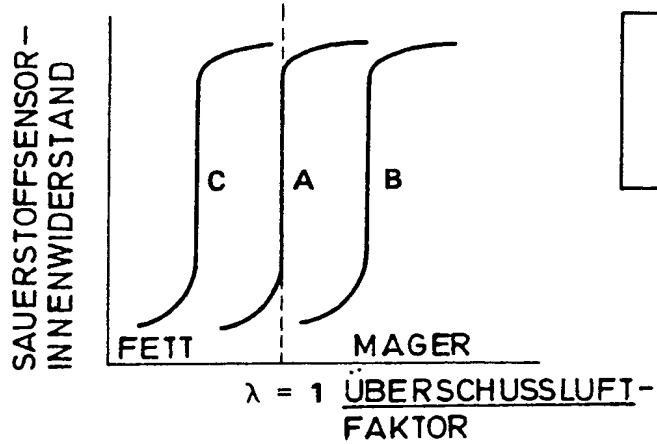


FIG.10
STAND DER TECHNIK

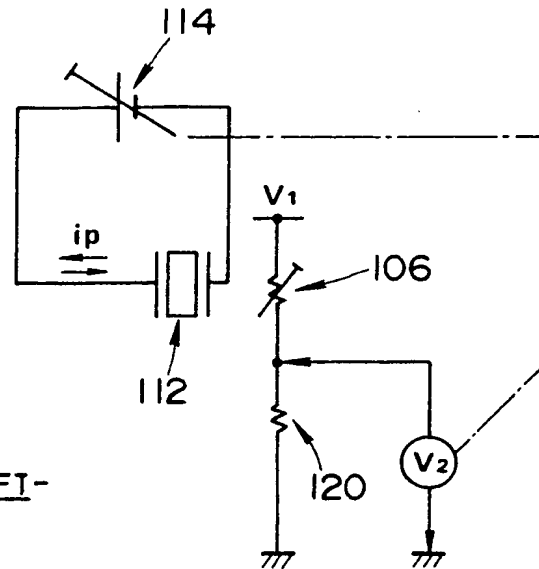
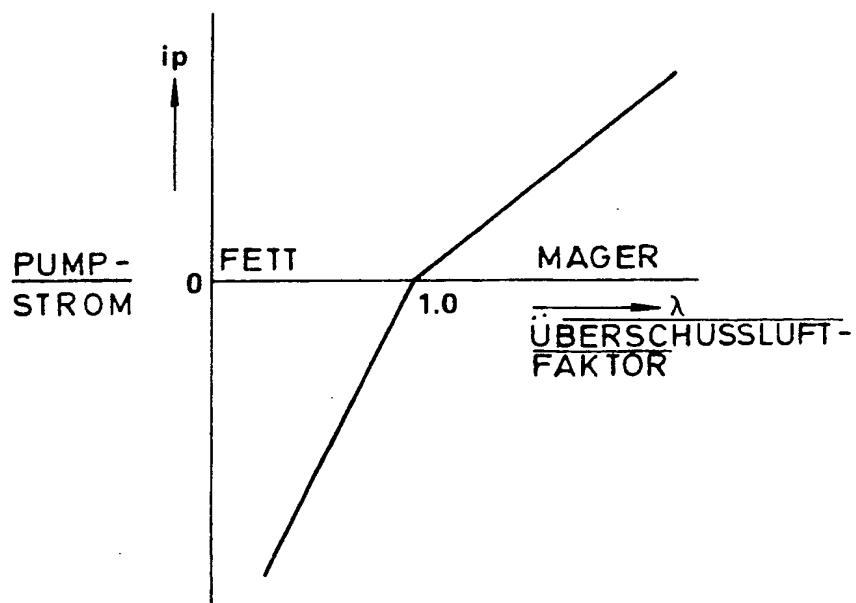


FIG.11
STAND DER TECHNIK



ORIGINAL INSPECTED

FIG. 12A
STAND DER TECHNIK

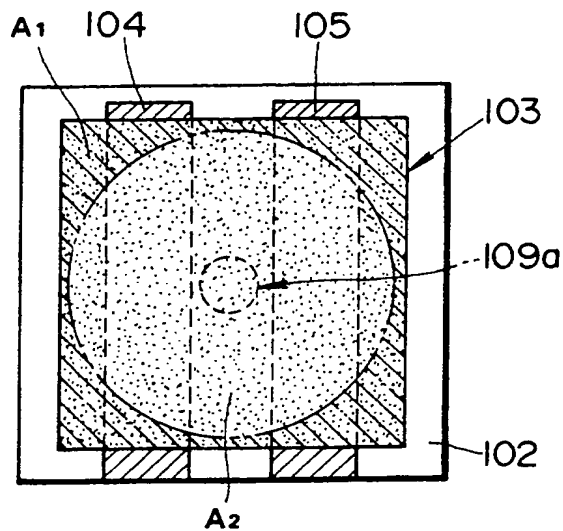


FIG. 12B
STAND DER TECHNIK

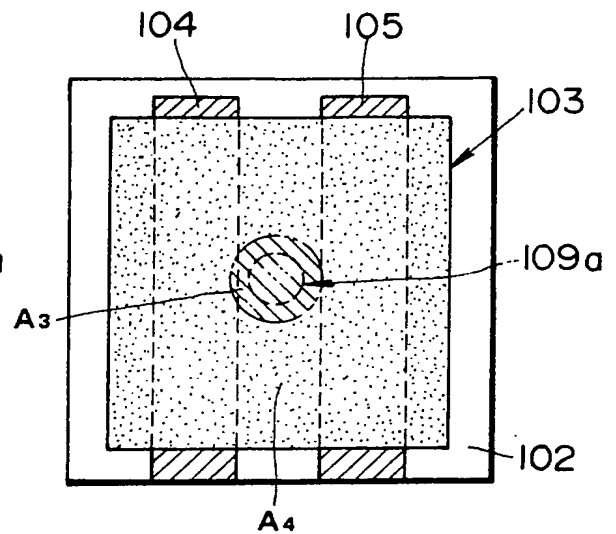


FIG. 13
STAND DER TECHNIK

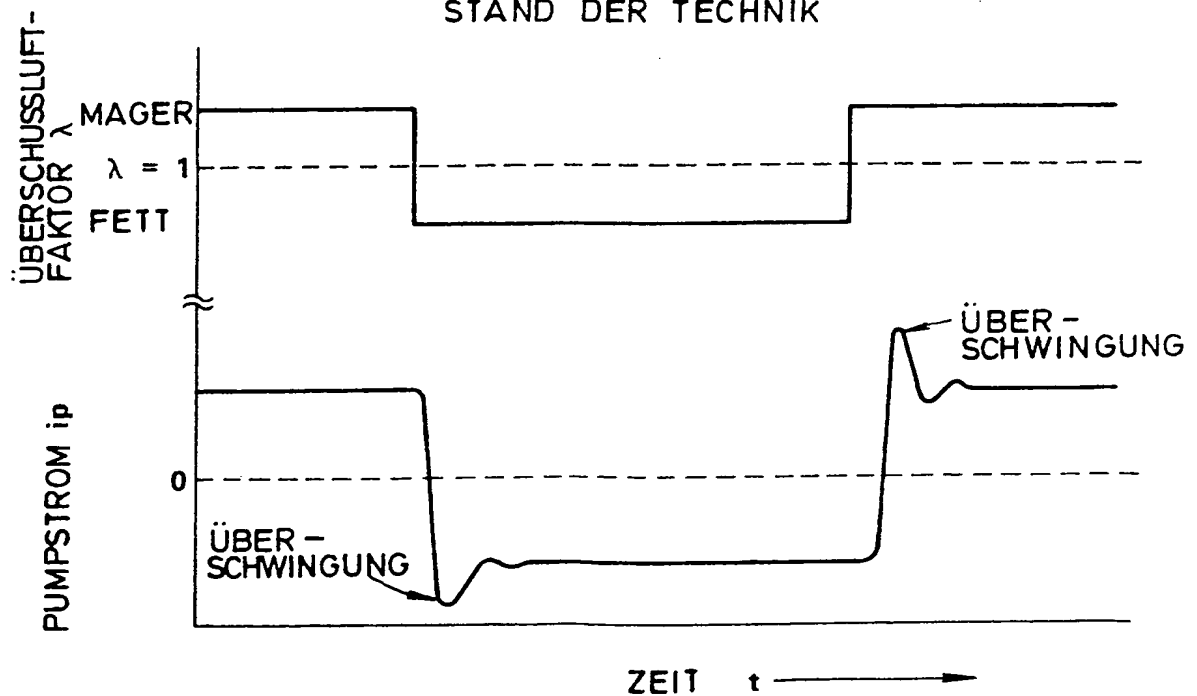


FIG. 14A

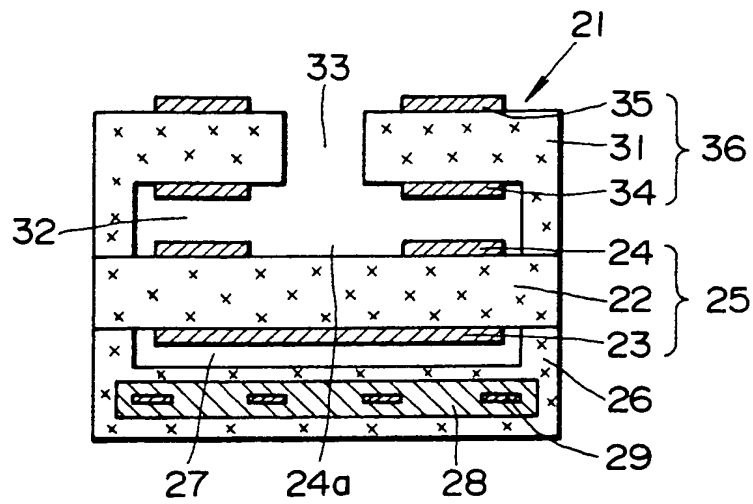
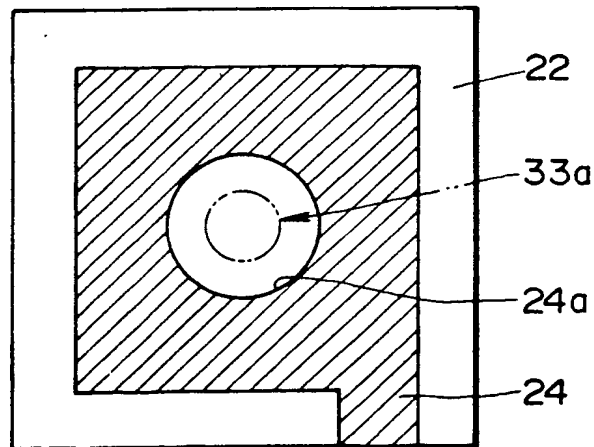


FIG. 14B



ORIGINAL INSPECTED

[illegible]

Das Diagramm zeigt die Ermittlung des Überschussluftfaktors λ aus dem Pumpenstrom i_p . Die Y-Achse ist mit i_p (Pumpenstrom) und die X-Achse mit λ (Überschussluftfaktor) beschriftet. Die X-Achse ist in 'FETT' (links) und 'MAGER' (rechts) unterteilt. Eine vertikale gestrichelte Linie markiert $\lambda = 1.0$. Eine Kurve zeigt den Pumpenstrom in Abhängigkeit von λ , wobei eine Tangente bei $\lambda = 1.0$ eingezeichnet ist.

FIG. 17

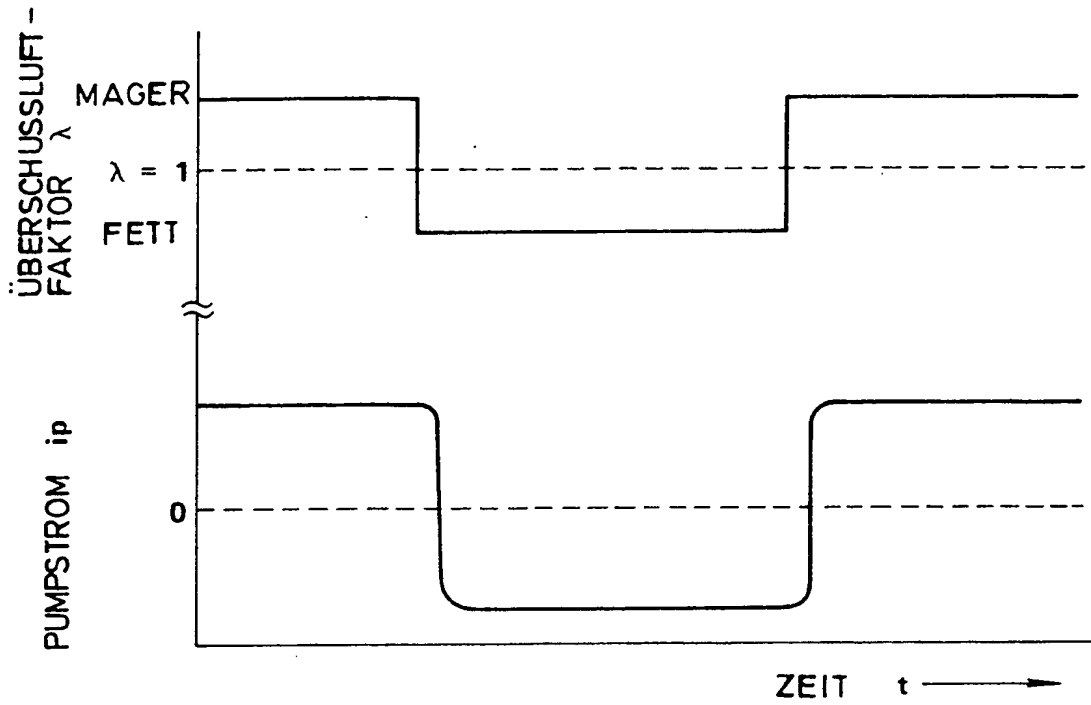


FIG. 18A

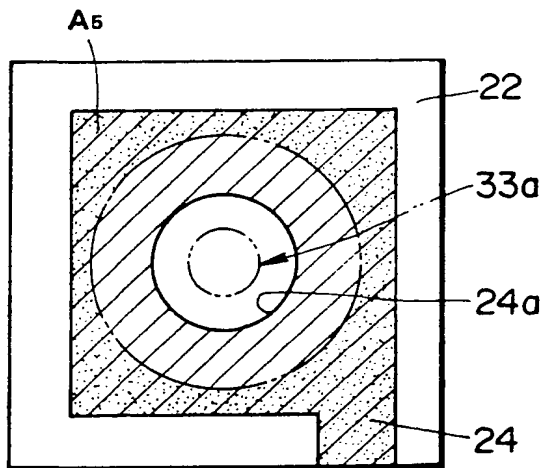
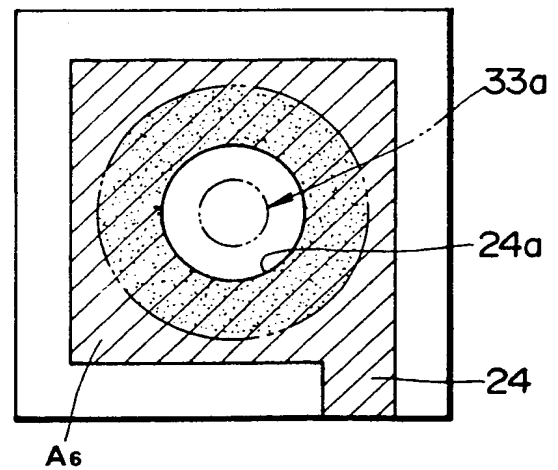


FIG. 18B



ORIGINAL INSPECTED

FIG. 19A

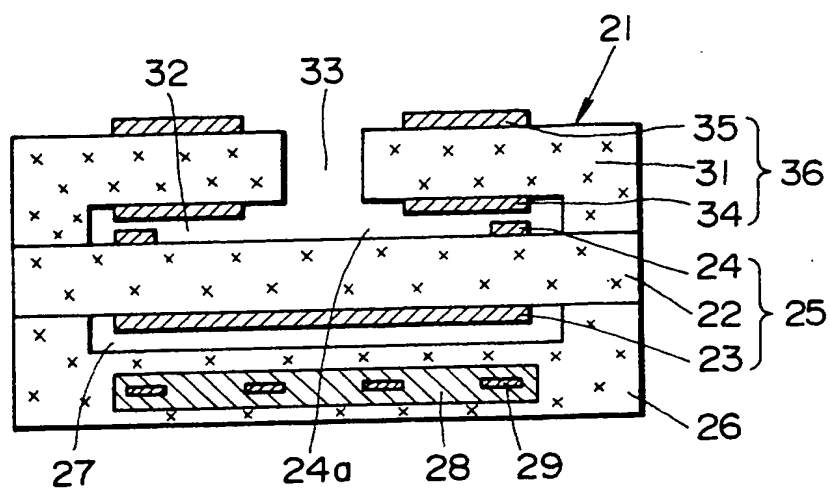


FIG. 19B

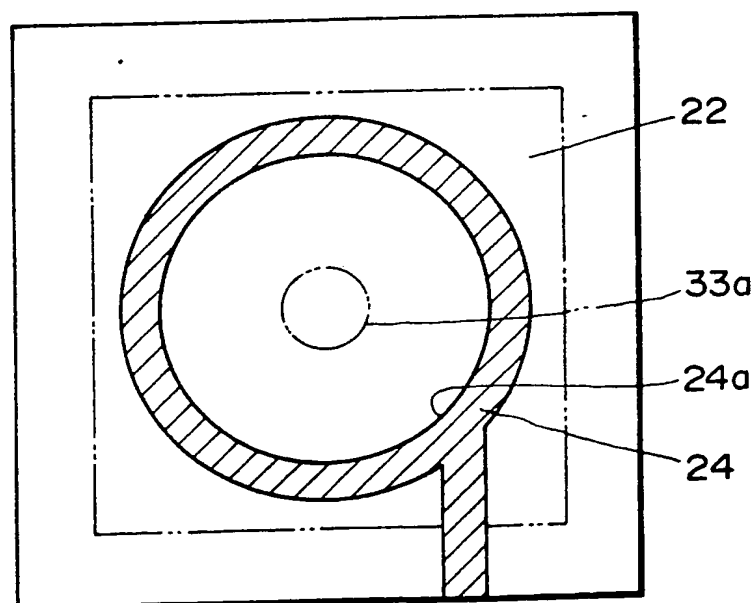


FIG.20A
STAND DER TECHNIK
212

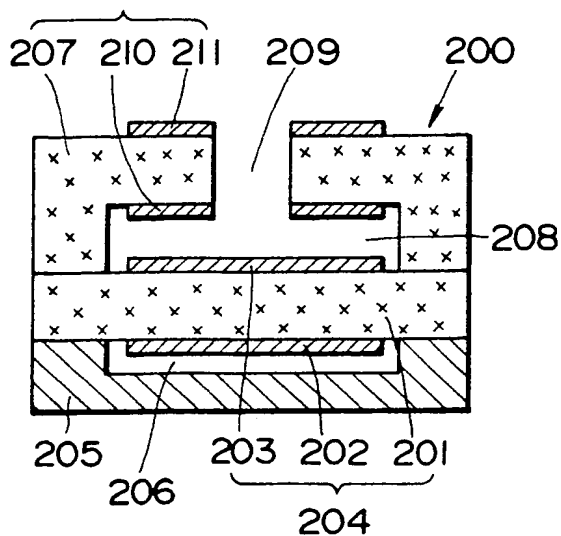


FIG.20B
STAND DER TECHNIK

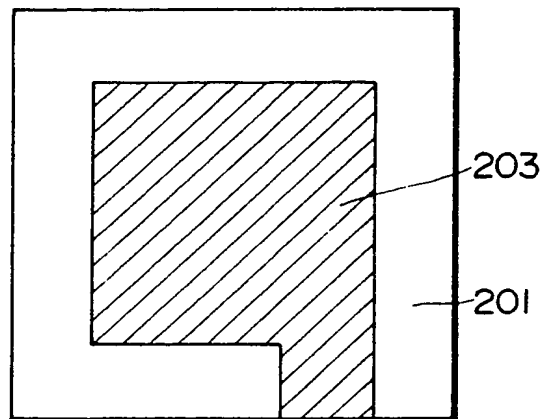
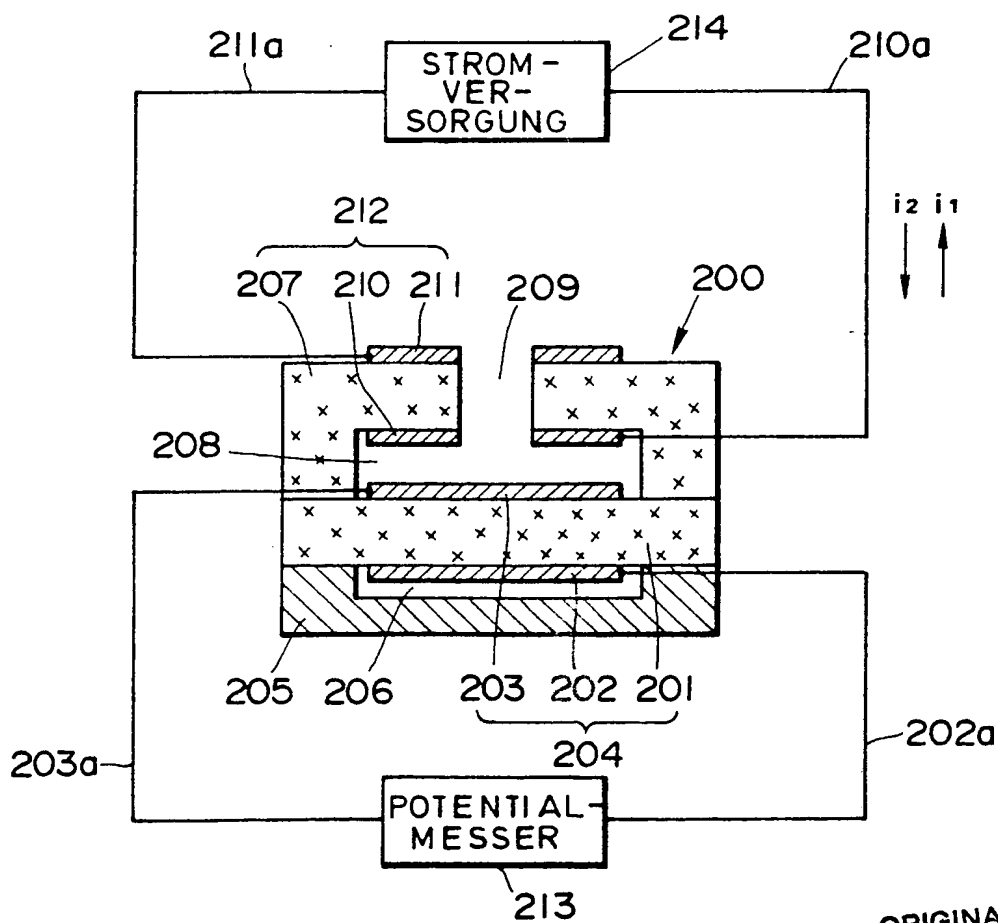


FIG.21
STAND DER TECHNIK



ORIGINAL INSPECTED

FIG.22 STAND DER TECHNIK

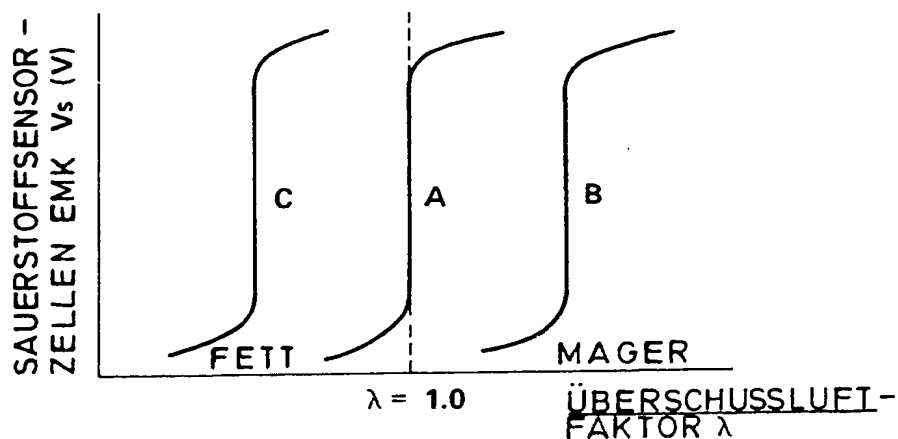


FIG.23 STAND DER TECHNIK

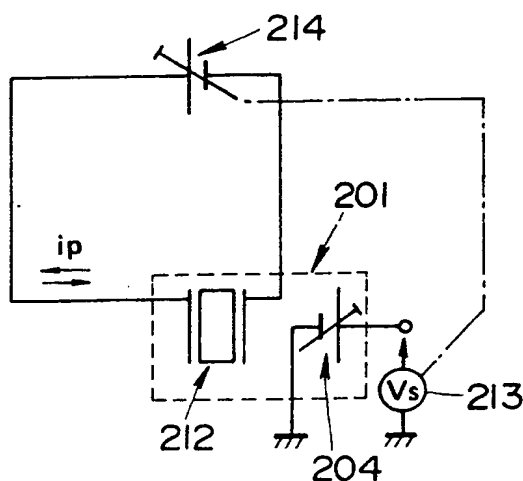
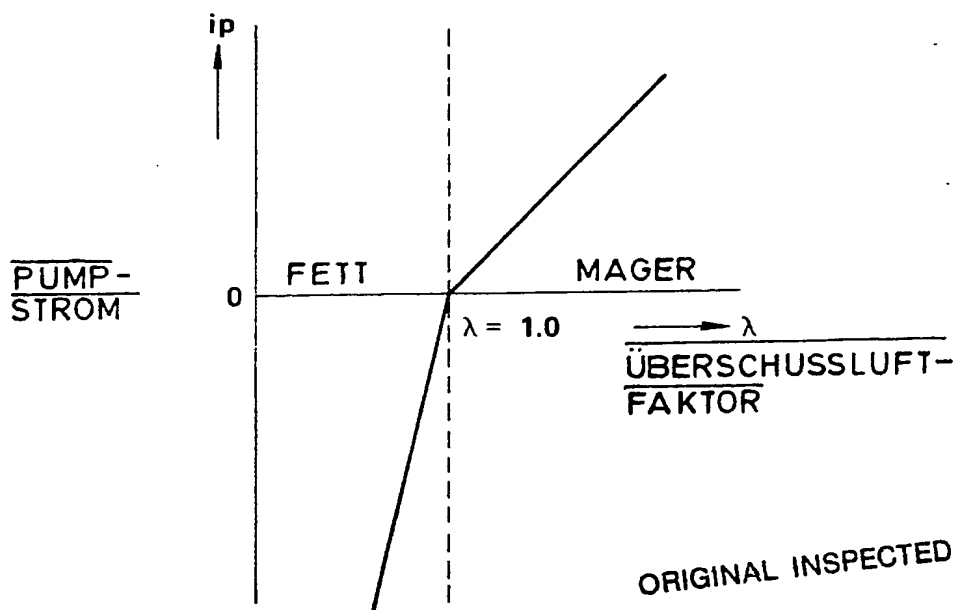


FIG.24 STAND DER TECHNIK



ORIGINAL INSPECTED

FIG. 25A

STAND DER TECHNIK

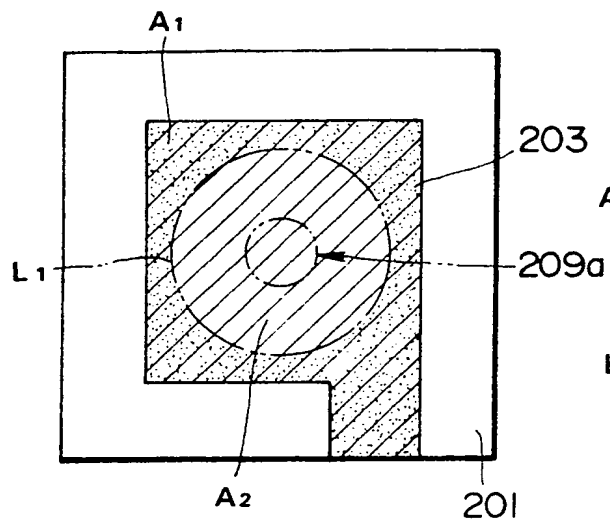


FIG. 25B

STAND DER TECHNIK

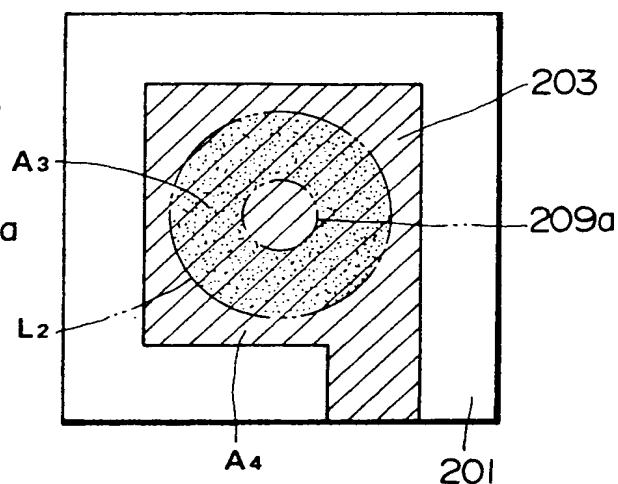
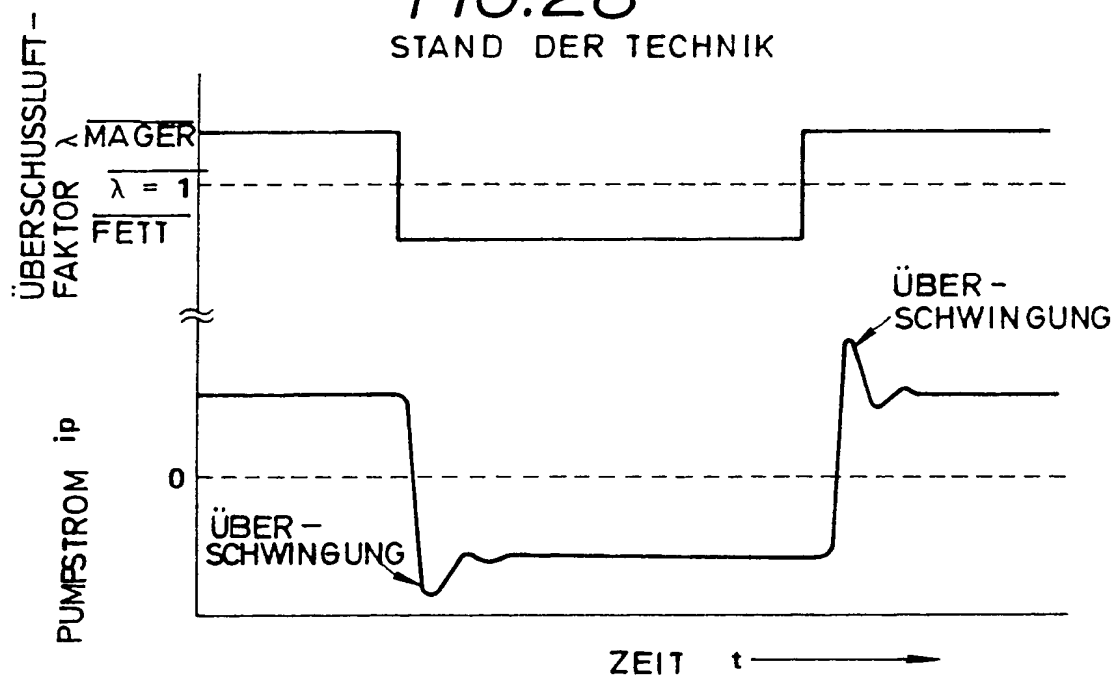


FIG. 26

STAND DER TECHNIK



ORIGINAL INSPECTED